



①⑨ BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENTAMT

⑫ Pat ntschrift  
⑩ DE 42 21 198 C 2

⑤① Int. Cl.<sup>5</sup>:  
**C 02 F 1/00**  
E 03 B 3/06  
A 62 D 3/00

②① Aktenzeichen: P 42 21 198.0-41  
②② Anmeldetag: 27. 6. 92  
④③ Offenlegungstag: 5. 1. 94  
④⑤ Veröffentlichungstag  
der Patenterteilung: 28. 4. 94

DE 42 21 198 C 2

Innerhalb von 3 Monaten nach Veröffentlichung der Erteilung kann Einspruch erhoben werden

⑦③ Patentinhaber:

Dr.-Ing. Steffen Ingenieurgesellschaft mbH, 45219  
Essen, DE

⑦④ Vertreter:

Andrejewski, W., Dipl.-Phys. Dr.rer.nat.; Honke, M.,  
Dipl.-Ing. Dr.-Ing.; Masch, K., Dipl.-Phys. Dr.rer.nat.;  
Albrecht, R., Dipl.-Ing. Dr.-Ing., Pat.-Anwälte, 45127  
Essen

⑦② Erfinder:

Steffen, Heinz, Dr.-Ing., 4300 Essen, DE;  
Grooterhorst, Alfons, Dr.-Ing., 5000 Köln, DE

⑤⑥ Für die Beurteilung der Patentfähigkeit  
in Betracht gezogene Druckschriften:

DE	35 09 553 A1
US	50 57 227 A
US	48 64 809 A
EP	05 02 460 A2

⑤④ Verfahren zum Entfernen von wasserlöslichen sorbierbaren Schadstoffen aus einem abströmenden  
Grundwasser in der Umgebung eines Kontaminationsherdes

DE 42 21 198 C 2

## Beschreibung

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Entfernen von wasserlöslichen sorbierbaren Schadstoffen aus einem abströmenden Grundwasser in den Sedimenten der Umgebung eines Kontaminationsherdes, der die Schadstoffe an das Grundwasser abgibt, mit Hilfe einer Schmalwand. — Sedimente steht im Rahmen der Erfindung für alle oberflächennahen geologischen Formationen. Der Ausdruck Kontaminationsherd bezeichnet z. B. Deponien, aber auch Industriestandorte und ehemalige Industriestandorte mit kontaminierten Böden. Der Ausdruck Kontaminationsherd bezeichnet aber auch Sedimente, die eingebundene Einlagerungen aufweisen, die vom Grundwasser ausgetragen werden. Die Schadstoffe können anorganischer oder organischer Natur sein. Bei den anorganischen Schadstoffen kann es sich z. B. um Schwermetallschadstoffe handeln, bei den organischen z. B. um Kohlenwasserstoffe. Die Tatsache, daß Kontaminationsherde solche Schadstoffe an das Grundwasser abgeben, stellt eine schwerwiegende Umweltbelastung dar.

Um diese zu vermeiden bzw. zu beseitigen, ist es bekannt, den Kontaminationsherd gleichsam zu kapseln, z. B. durch ein wannenartiges Bauwerk zu umgeben und zu unterfangen, welches mit den Methoden des Tiefbaus oder des Bergbaus eingebracht wird.

In anderen Bereichen der Technik, z. B. bei der Reinigung von Abwasser oder Luft, ist es bekannt, Schadstoffe durch Filtration zu entfernen, nämlich mit Hilfe von Filtern, die Sorptionsmaterial aufweisen, aus einem Fluidstrom herauszunehmen. Sorptionsmaterial bezeichnet dabei und im Rahmen der Erfindung sowohl Adsorbentien, z. B. Aktivkohle, als auch Materialien, an denen eine Chemisorption stattfindet. Zur Entfernung von wasserlöslichen sorbierbaren Schadstoffen aus dem abströmenden Grundwasser in den Sedimenten der Umgebung eines Kontaminationsherdes haben die vorstehend angesprochenen Filtrationsmaßnahmen nichts beigetragen. Allerdings ist es bekannt, mit Schadstoffen beladenes Grundwasser abzupumpen und über Sorptionsfilter zu leiten. Das stört den Grundwasserhaushalt.

Bekannt ist es ferner, quer zu einem kontaminierten Grundwasserstrom einen Graben auszuheben und diesen mit einem Adsorbentien enthaltenen Material zu füllen (US 5,057,227 — A), wobei das Material auch in einem durchlässigen Behälter untergebracht sein kann (EP 0 502 460 A2). Dann bereitet es aber Probleme, das die Adsorbentien enthaltene Material zu entfernen oder auszutauschen, wenn die Adsorbentien verbraucht sind. Das gilt auch für Ausführungen, bei denen in Strömungsrichtung des Grundwasserstroms hintereinander Barrieren dadurch gebildet sind, daß Bohrlöcher eingebracht werden, die mit einem Adsorbentien enthaltenen Material verpreßt werden (US 4,646,809 A; DE 35 09 553 — A1). Damit lassen sich außerdem Barrieren mit quer zur Strömungsrichtung des Grundwasserstroms gleichen und definierten Eigenschaften nicht errichten.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren anzugeben, welches es erlaubt, wasserlösliche sorbierbare Schadstoffe aus dem abströmenden Grundwasser in den Sedimenten der Umgebung eines Kontaminationsherdes auf sehr einfache Weise und sehr vollständig zu entfernen, ohne den Grundwasserhaushalt zu stören.

Zur Lösung dieser Aufgabe wird erfindungsgemäß die Kombination der folgenden Merkmale verwirklicht:

- a) Im Weg des abströmenden Grundwassers wird ein Schlitz in die Sedimente eingebracht,
- b) der Schlitz wird mit Sorptionsmaterial verfüllt, welches auf die sorbierbaren Schadstoffe abgestimmt ist,
- c) die Schadstoffe werden in dem Sorptionsmaterial festgehalten, bis das Sorptionsmaterial mit den Schadstoffen bis in den Bereich der Sättigung beladen ist,
- d) in dem Weg des abströmenden Grundwassers wird in Strömungsrichtung hinter dem ersten Schlitz ein zweiter Schlitz in die Sedimente eingebracht und mit dem Sorptionsmaterial verfüllt, sobald das Sorptionsmaterial in dem ersten Schlitz bis in den Bereich der Sättigung beladen ist, — undso weiterfort mit weiteren, mit jungfräulichem Sorptionsmaterial verfüllten Schlitzen,

wobei die Schlitze nach einem Schmalwandverfahren eingebracht werden, unter Verwendung von Stahlprofilen in Form von T-Profilen oder Spundbohlen, die von übertage in den Boden eingetrieben werden und unter gleichzeitigem Einpressen des Sorptionsmittels mit Hilfe von Rohren in den freiwerdenden Schlitz wieder gezogen werden, wobei die Umgebung des Schlitzes verpreßt wird.

Die Erfindung nutzt die Tatsache, daß Sorptionsmaterialien, die auf die sorbierbaren Schadstoffe abgestimmt sind, über physikalische und/oder chemische Bindungskräfte bis zur Sättigung an den Sorptionsmaterialien sehr sicher festgehalten und an das Grundwasser auch dann nicht wieder abgegeben werden, wenn die Konzentration der Schadstoffe in dem abströmenden Grundwasser, aus welchen Gründen auch immer, abnimmt. Insoweit ist die Sorption bei vorgegebenen thermodynamischen Parametern ein irreversibler Vorgang. Das schließt nicht aus, daß die Sorptionsmaterialien bei Verwirklichung anderer thermodynamischer Parameter wieder aufbereitet werden können, wobei die Schadstoffe abgefangen und entsorgt werden können. Die chemische und physikalische Verfahrenstechnik kennt praktisch für alle in den Kontaminationsherden der Industrie bzw. der Industriegesellschaft vorkommenden Schadstoffe geeignete Sorptionsmaterialien, auf die im Rahmen der Erfindung zurückgegriffen werden kann. Häufig kann mit Aktivkohle oder Eisenoxiden gearbeitet werden. Es versteht sich, daß zuvor durch Probenahme festgestellt werden muß, welche Schadstoffe ein zu reinigendes Grundwasser führt. Die Sorptionsmaterialien können unmittelbar oder mit Hilfe von Trägermaterialien eingesetzt werden. Es versteht sich, daß die in den Schlitzen durch Verfüllung mit dem Sorptionsmaterial gebildeten Schichten oder Wände durchströmbar sein müssen, so daß das Grundwasser die Schichten passieren kann. Die Durchlässigkeit der Schichten wird zweckmäßigerweise so eingestellt, daß vor den Schichten eine Stauung des Grundwassers nicht oder nur in einer vorbestimmten, berechneten Form stattfindet. Im übrigen wird die Kontaktzeit eines Volumenelementes des Grundwassers mit dem Sorptionsmaterial, z. B. durch Einstellung des Porenvolumens und/oder der Dicke der Schichten so eingerichtet, daß die Schadstoffe ausreichend sicher durch Sorption festgehalten werden und in dem hinter der Schicht ablaufenden Grundwasser eine störende Konzentration von Schadstoffen nicht mehr vorhanden ist. Deshalb wird mit verhältnismäßig dünnen Schlitzen und damit dünnen Schichten gearbeitet.

Das bis in den Bereich der Sättigung beladene Sorptionsmaterial kann aufgenommen sowie durch jungfräuliches Sorptionsmaterial ersetzt werden. Das aufgenommene, beladene Sorptionsmaterial kann entsorgt oder vorschriftsmäßig aufbereitet werden. Im Rahmen der Erfindung liegt es, bei den beschriebenen Maßnahmen anstelle eines Schlitzes eine Gruppe von zumindest zwei Schlitzten, in Strömungsrichtung des Grundwassers hintereinander, einzubringen und mit Sorptionsmaterial zu verfüllen.

Das Schmalwandverfahren ist ein bewährtes Verfahren: Es werden zunächst Stahlprofile in Form von T-Profilen oder Spundbohlen in die Sedimente von übertage aus eingetrieben. Sie werden danach wieder gezogen. Beim Ziehen der Stahlprofile wird das Sorptionsmaterial in den mit dem Ziehen freiwerdenden Schlitz eingepreßt. Dazu können mit den Stahlprofilen entsprechende Rohre verbunden sein, die mit den Stahlprofilen eingetrieben und mit den Stahlprofilen gezogen werden, wobei aus der Mündung das Sorptionsmaterial austritt und den mit dem Ziehen eines Stahlprofils sich bildenden Schlitz verfüllt sowie die Umgebung des Schlitzes im Sediment "verpreßt". Eine so hergestellte Schmalwand besitzt eine Wanddicke, die zumindest der Dicke der Stahlprofile entspricht oder größer ist, wenn in der Umgebung des Schlitzes die Sedimente verpreßt werden. Die Körnung des Sorptionsmaterials wird vorzugsweise auf die Korngrößenverteilung im umgebenden Sediment abgestimmt, so daß das Sorptionsmaterial filterstabil und durchströmbar ist. Soll im Rahmen der Erfindung beladenes Sorptionsmaterial aufgenommen werden, so kann mit Schmalbaggern, Schlitzwandfräsen u. dgl. gearbeitet werden.

Das erfindungsgemäße Verfahren zeichnet sich durch Einfachheit in bezug auf die durchzuführenden bautechnischen Maßnahmen und durch eine hohe Funktionssicherheit aus. Der zur Entfernung der wasserlöslichen sorbierbaren Schadstoffe aus dem abströmenden Grundwasser erforderliche Aufwand ist verhältnismäßig gering.

Im folgenden wird die Erfindung durch ein Ausführungsbeispiel erläutert:

Ein Kontaminationsherd wurde im Bereich einer ehemaligen Zinkhütte festgestellt. Im ablaufenden Grundwasser wurden Schadstoffe in Form von Arsen festgestellt. Es lag hauptsächlich als Arsenat oder Arsenit vor. Bei einer Untersuchung der Sedimente, die aus quartären Sanden in Form von Grobsand oder Kies bestanden, wurde festgestellt, daß die quartären Sande Arsen im Bereich von 30 bis 150 mg Arsen pro kg Boden (gemessen im Königswasseraufschluß) adsorbiert hatten. Etwa bei diesen Gehalten ist das Gleichgewicht mit den im Grundwasser gelösten Arsenverbindungen erreicht. In den Sedimenten sind jedoch außerdem feinkörnigere Schichten festgestellt worden, in denen der Arsengehalt bei gleicher Grundwasserkonzentration bis auf über 300 mg/kg angestiegen war. Die Bestimmung der oxalat- und dithionitlöslichen Fe-, Al- und Mn-Gehalte ergab, daß gerade diese Proben im Vergleich zu den übrigen Proben durch hohe Gehalte an Fe- oder Al-Oxiden bzw. Hydroxiden ausgezeichnet waren. Sie hatten das Arsen im Sinne einer Chemisorption bis zur Sättigung gebunden. Entsprechend arbeiten im Rahmen der Erfindung die Sorptionsmaterialien als "Filter" in dem erfindungsgemäß eingebrachten und orientierten Schlitz.

Es versteht sich, daß im Rahmen des erfindungsgemäßen Verfahrens regelmäßig die Beladung des Sorptionsmaterials meßtechnisch überwacht wird, sei es durch

geeignete Messungen im eingebrachten Sorptionsmaterial, sei es durch Messungen im ablaufenden Grundwasser hinter dem eingebrachten Sorptionsmaterial.

#### Patentansprüche

1. Verfahren zum Entfernen von wasserlöslichen sorbierbaren Schadstoffen aus einem abströmenden Grundwasser in den Sedimenten der Umgebung eines Kontaminationsherdes, der die Schadstoffe an das Grundwasser abgibt, mit Hilfe einer Schmalwand, wobei die Kombination der folgenden Merkmale verwirklicht wird,

- a) im Wege des abströmenden Grundwassers wird ein Schlitz in die Sedimente eingebracht,
- b) der Schlitz wird mit Sorptionsmaterial verfüllt, welches auf die sorbierbaren Schadstoffe abgestimmt ist,
- c) die Schadstoffe werden in dem Sorptionsmaterial festgehalten, bis das Sorptionsmaterial mit den Schadstoffen bis in den Bereich der Sättigung beladen ist,
- d) in dem Weg des abströmenden Grundwassers wird in Strömungsrichtung hinter dem ersten Schlitz ein zweiter Schlitz in die Sedimente eingebracht und mit dem Sorptionsmaterial verfüllt, sobald das Sorptionsmaterial in dem ersten Schlitz bis in den Bereich der Sättigung beladen ist, — undsoweiterfort mit weiteren, mit jungfräulichem Sorptionsmaterial verfüllten Schlitzten,

wobei die Schlitzte nach einem Schmalwandverfahren eingebracht werden, unter Verwendung von Stahlprofilen in Form von T-Profilen oder Spundbohlen, die von übertage in den Boden eingetrieben werden und unter gleichzeitigem Einpressen des Sorptionsmittels mit Hilfe von Rohren in den freiwerdenden Schlitz wieder gezogen werden, wobei die Umgebung des Schlitzes verpreßt wird.

2. Verfahren nach Anspruch 1, wobei das bis in den Bereich der Sättigung beladene Sorptionsmaterial aufgenommen sowie durch jungfräuliches Sorptionsmaterial ersetzt wird.

3. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 oder 2, wobei anstelle eines Schlitzes eine Gruppe von zumindest zwei Schlitzten, in Strömungsrichtung des Grundwassers hintereinander, eingebracht und mit dem Sorptionsmaterial verfüllt wird.

- Leerseite -